



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

Eingang
04.06.2002
NH/DRP

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

02019962.6

RECEIVED

JUN 24 2003

FORD GLOBAL TECHNOLOGIES, INC

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk

DEN HAAG, DEN
THE HAGUE,
LA HAYE, LE

30/09/02



Europäisches
Patentamt

Eur pean
Patent Office

Office eur péen
des brevets

Blatt 2 der Bescheinigung
Sheet 2 of the certificate
Page 2 de l'attestation

Anmeldung Nr.:
Application no.:
Demande n°: 02019962.6

Anmeldetag:
Date of filing:
Date de dépôt: 05/09/02

Anmelder:
Applicant(s):
Demandeur(s):
Ford Global Technologies, Inc., @A subsidiary of Ford Motor Company
Dearborn, @Michigan 48126
UNITED STATES OF AMERICA

Bezeichnung der Erfindung:
Title of the invention:
Titre de l'invention:
Elektrische Heizung für Kraftfahrzeuge sowie Regelungsverfahren

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat:
State:
Pays:

Tag:
Date:
Date:

Aktenzeichen:
File no.
Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:
International Patent classification:
Classification internationale des brevets:

/

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten:
Contracting states designated at date of filing: AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE/TR
Etats contractants désignés lors du dépôt:

Bemerkungen:
Remarks:
Remarques:

EPO - Munich
05. Sep. 2002

Elektrische Heizung für Kraftfahrzeuge sowie Regelungsverfahren

Die Erfindung betrifft ein elektrisches Heizsystem für ein Kraftfahrzeug, enthaltend ein Heizelement zur Umwandlung der einer elektrischen Energiequelle entnommenen elektrischen Leistung in Wärme sowie ein Regelungssystem zur Regelung der Zufuhr elektrischer Leistung zu dem Heizelement. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Regelung der Zufuhr der einer elektrischen Energiequelle entnommenen elektrischen Leistung an das Heizelement eines Kraftfahrzeuges.

Aufgrund der zunehmenden Effizienz moderner Kraftfahrzeugmotoren, insbesondere Dieselmotoren, reicht die vom Motor abgegebene Abwärme in vielen Fällen nicht mehr aus, um die Fahrgastkabine hinreichend aufzuheizen. Aus diesem Grunde werden elektrische Heizsysteme im Kraftfahrzeug vorgesehen, welche ein Heizelement zur Umwandlung der einer elektrischen Energiequelle, z. B. der Lichtmaschine oder der Batterie, entnommenen elektrischen Leistung in Wärme aufweisen. Ein aus zwei PTC-Heizelementen (PTC: Positiver Temperaturkoeffizient) aufgebautes Heizsystem wird zum Beispiel in der US 6 002 105 beschrieben. In Abhängigkeit von den Heizungsanforderungen der Kabine werden dabei die beiden Heizelemente von einem Regelungssystem wahlweise an- oder ausgeschaltet.

Weiterhin ist zu beobachten, daß bei modernen Kraftfahrzeugen durch den zunehmenden Einsatz von Elektronik und elektrischen Verbrauchern der Bedarf an elektrischer Energie steigt. Dies führt bei den bekannten, in Stufen geschalteten Heizsystemen dazu, daß diese die elektrische Energiequelle überlasten können beziehungsweise daß sie vorsorglich in einem Zustand unterhalb der Maximalleistung betrieben werden müssen.

Vor diesem Hintergrund war es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein elektrisches Heizsystem für ein Kraftfahrzeug und ein Verfahren zu dessen Regelung bereitzustellen, durch welches die Bereitstellung maximaler Heizleistung sichergestellt wird, wobei eine ausreichende Verfügbarkeit der elektrischen Energiequelle für andere Verbraucher sowie für ein Starten des Motors gewährleistet sein soll.

Diese Aufgabe wird durch ein Heizsystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 7 gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen enthalten.

Das erfindungsgemäße elektrische Heizsystem für ein Kraftfahrzeug enthält ein Heizelement, mit welchem die einer elektrischen Energiequelle entnommene elektrische Leistung in Wärme umgewandelt wird. Ferner ist ein Regelungssystem vorgesehen, das dahingehend ausgebildet ist, die Größe der dem Heizelement zugeführten elektrischen Leistung zu regeln. Das Heizsystem ist dadurch gekennzeichnet, daß das Regelungssystem ein Zustandssignal enthält, welches die aktuelle Leistungsbereitschaft der Energiequelle anzeigt, also eine Information darüber gibt, wie viel Leistung die Energiequelle momentan (maximal) abgeben kann. Ferner ist das Regelungssystem dahingehend ausgebildet, die dem Heizelement zugeführte elektrische Leistung in Abhängigkeit von dem genannten Zustandssignal einzustellen.

Ein derartiges Heizsystem hat den Vorteil, bei der Zuteilung elektrischer Leistung an das Heizelement die aktuelle Leistungsfähigkeit der Energiequelle zu berücksichtigen. Daher kann das Heizsystem insbesondere bei einer geringen aktuellen Leistungsfähigkeit die Energiezufuhr zum Heizelement drosseln, so daß die Energiequelle geschont wird und ausreichend leistungsfähig für Aufgaben mit einer höheren Priorität - wie zum Beispiel dem Starten des Motors - bleibt. Andererseits ist das Heizsystem jedoch auch in der Lage, die zur Verfügung stehende Leistungsbereitschaft der Energiequelle bis an die zulässigen Grenzen auszunutzen, so daß eine schnellstmögliche Aufheizung der Kabine des Kraftfahrzeuges ermöglicht wird.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des Heizsystems ist das Regelungssystem über eine Leistungsstufe mit dem Heizelement gekoppelt, wobei die Leistungsstufe eine kontinuierliche (stufenlose) Einstellung der an das Heizelement abgegebenen elektrischen Leistung ermöglicht. Anders als bei bekannten Heizsystemen kann die dem Heizelement zugeführte Leistung somit nicht nur in diskreten, verhältnismäßig großen Schritten verändert werden, sondern praktisch beliebig fein. Hierdurch wird es möglich, die Leistungsbereitschaft der Energiequelle bis an die zulässigen Grenzen auszuschöpfen.

10

Vorzugsweise enthält die elektrische Energiequelle eine Lichtmaschine, das heißt einen (Drehstrom-)Generator, wobei das an das Regelungssystem übermittelte Zustandssignal von der Auslastung der Lichtmaschine abhängt. Insbesondere kann das Zustandssignal den Arbeitszyklus bzw. das Taktverhältnis (duty cycle) der Lichtmaschine repräsentieren. Bei dieser Ausführungsform wird der besonders wichtige Leistungszustand der Lichtmaschine berücksichtigt, da diese für die Bereitstellung aller laufenden elektrischen Energieentnahmen hauptverantwortlich ist. Über die Auslastung der Lichtmaschine wird auch erfaßt, in welchem Ausmaß andere Verbraucher des Kraftfahrzeuges der Energiequelle Leistung entnehmen.

20

Gemäß einer Weiterbildung des Heizsystems ist dessen Regelungssystem mit einer Benutzerschnittstelle gekoppelt. An der Benutzerschnittstelle kann zum Beispiel optisch oder akustisch die momentan dem Heizelement zugeführte elektrische Leistung angezeigt werden, so daß der Benutzer des Kraftfahrzeuges hierüber informiert wird. Zusätzlich oder alternativ kann die Benutzerschnittstelle auch für die Eingabe von Einstellsignalen durch einen Benutzer eingerichtet sein, wobei diese Einstellsignale insbesondere vom Benutzer wählbare Parameter wie die gewünschte Kabinentemperatur sein können.

30

Entsprechend einer anderen Weiterbildung des Heizsystems ist dessen Regelungssystem mit Signalleitungen gekoppelt, welche Signale betreffend die Umgebungstemperatur des Kraftfahrzeuges, die Motortemperatur, die Kabinentemperatur, die Luftfeuchtigkeit, die Batteriespannung, den Batterieladezustand und/oder

den Zustand anderer elektrischer Verbraucher anzeigen. Durch die Kopplung mit diesen Signalleitungen ist das Regelungssystem in der Lage, die betreffenden Informationen bei der Festlegung der dem Heizelement zugeführten Leistung zu berücksichtigen und so eine optimale Regelung der Heizung zu verwirklichen.

5

Vorzugsweise ist das Regelungssystem dahingehend ausgebildet, das Zustandssignal mit einem Proportional-Integral (PI) Regelungsalgorithmus zu verarbeiten. Ein derartiger Algorithmus hat ein gut bekanntes Regelungsverhalten, so daß sich eine stabile und zuverlässige Heizungsregelung einstellen läßt.

10

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Regelung der Zufuhr der einer elektrischen Energiequelle entnommenen elektrischen Leistung an das Heizelement eines Kraftfahrzeuges. Das Verfahren kann dabei insbesondere bei einem Heizsystem der vorstehend beschriebenen Art eingesetzt werden. Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß die Leistungszufuhr in Abhängigkeit von einem Zustandssignal geregelt wird, welches die Leistungsbereitschaft der Energiequelle anzeigt. Wie vorstehend in Zusammenhang mit dem Heizungssystem erläutert wurde, kann hierdurch das Heizelement so betrieben werden, daß einerseits die Energiequelle entsprechend den gesetzten Prioritäten der Verbraucher jederzeit eine ausreichende Leistungsfähigkeit behält und daß andererseits die maximale Heizleistung erzielt wird. Vorzugsweise wird die dem Heizelement zugeführte Leistung kontinuierlich (statt in Stufen) eingestellt, um die verfügbaren Grenzen möglichst vollständig auszuschöpfen.

25

Bei dem Verfahren wird vorteilhafterweise die Zufuhr elektrischer Leistung bzw. das diese Zufuhr steuernde Kontrollsignal auf einen Maximalwert begrenzt, so daß eine Überlastung des Heizelementes ausgeschlossen wird.

30

Weiterhin wird die Zufuhr elektrischer Leistung beziehungsweise das zugehörige Kontrollsignal vorzugsweise mit einem Proportional-Integral (PI) Algorithmus berechnet. Dieser Algorithmus kann dabei sowohl zeitdiskret als auch zeitkontinuierlich implementiert werden.

Bei dem genannten PI-Algorithmus können insbesondere zwei unterschiedliche Proportionalfaktoren verwendet werden, welche je nach Vorzeichen des Zustandssignals angewendet werden. Wenn z.B. bei entsprechender Definition ein negatives Zustandssignal anzeigt, daß die Energiequelle keine weitere Leistung
5 liefern kann beziehungsweise bereits überlastet ist, kann dies mit einem größeren Proportionalfaktor berücksichtigt werden, als wenn durch das Zustandssignal eine positive, noch vorhandene Leistungskapazität angezeigt wird.

Im Folgenden wird die Erfindung mit Hilfe der Figuren beispielhaft näher erläutert.
10 Es zeigen:

Fig. 1 ein Regelungsschema des erfindungsgemäßen Heizsystems für ein Kraftfahrzeug;

15 Fig. 2 in einem Blockdiagramm den im Regler des Systems gemäß Figur 1 implementierten PI-Algorithmus, und

Fig. 3 ein Diagramm mit der dem Heizelement zugeführten Leistung in Abhängigkeit von der Temperatur.

20

Gemäß der Darstellung in Figur 1 betrifft die Erfindung die Regelung der einem elektrischen Heizelement, zum Beispiel einem PTC-Element 4 eines Kraftfahrzeuges zugeführten elektrischen Leistung L_H . Das Heizelement 4 ist dabei erforderlich, um eine schnelle und ausreichende Aufheizung der Fahrgastkabine sicherzustellen, wenn dies durch die Abwärme des Kraftfahrzeugmotors allein nicht erreicht werden kann.
25

Die dem Heizelement 4 zugeführte elektrische Leistung wird im Wesentlichen einer Lichtmaschine 6 des Kraftfahrzeuges entnommen, welche darüber hinaus
30 noch andere elektrische Verbraucher 5 mit einer Leistung L_V zu versorgen hat. Die gesamte Leistungsentnahme aus der Lichtmaschine 6 beträgt daher $L_{ges} = L_H + L_V$.

Das Ziel einer optimierten Regelung der dem Heizelement 4 zugeführten elektrischen Leistung L_H besteht nun darin, deren Wert einerseits im Hinblick auf einen maximalen Heizerfolg größtmöglich einzustellen und dabei andererseits zu gewährleisten, daß die Lichtmaschine 6 nicht überlastet wird und eine ausreichende
5 Versorgung der übrigen Verbraucher 5 sichergestellt ist.

Um dieses Ziel zu erreichen, ist erfindungsgemäß ein Regler 1 vorgesehen, dessen Kontrollsignal $x(k)$ einer Leistungselektronik 2 zugeführt wird und hierüber die an das Heizelement 4 abgegebene elektrische Leistung L_H stufenlos steuert. Der
10 Index k steht dabei für einen diskretisierten Zeitpunkt.

Das Besondere an dem Regler 1 ist, daß er ein Zustandssignal $u(k)$ erhält, welches die Leistungsbereitschaft der Lichtmaschine 6 signalisiert, also anzeigt, wie viel Leistung momentan der Lichtmaschine maximal entnommen werden kann.
15 Das Zustandssignal $u(k)$ berechnet sich als Differenz aus einer maximal entnehmbaren Leistung u_{\max} (welche gegebenenfalls von verschiedenen Größen wie etwa dem Motorbetriebszustand abhängen kann) und einem von der Lichtmaschine 6 über ein Multiplex-Bordnetzwerk 7 (zum Beispiel CAN, MOST, LIN etc.) übermittelten Signal A, das den Arbeitszyklus bzw. das Taktverhältnis (duty cycle) der
20 Lichtmaschine 6 repräsentiert.

Darüber hinaus kann der Regler 1 weitere Signale S empfangen, welche z.B. die Umgebungstemperatur des Kraftfahrzeuges, die Motortemperatur, die Kabinentemperatur, die Luftfeuchtigkeit in der Kabine oder in der Umgebung, den Ladezustand der Batterie, die Batteriespannung und/oder den Status anderer elektrischer
25 Verbraucher 5 (zum Beispiel Spannung, Stromentnahme) repräsentieren. Diese Signale können zu einer weiteren, vorliegend nicht näher ausgeführten Einstellung des vom Regler abgegebenen Kontrollsignals $x(k)$ herangezogen werden.

30 Wie aus Figur 1 weiterhin entnehmbar ist, ist der Regler 1 mit einer Benutzerschnittstelle 3 (HMI: Human Machine Interface) gekoppelt. Diese kann visuelle, akustische oder taktile Anzeigevorrichtungen wie Anzeigeeinstrumente, eine Stimmrückkopplung (chimes) oder Schalter mit verschiedenen Positionen aufwei-

sen. Des Weiteren kann die Schnittstelle 3 taktile oder akustische Eingabeeinrichtungen wie Druckknöpfe, Schalter, einen Touchscreen oder eine Spracheingabe enthalten, durch welche der Benutzer die Funktionen aktivieren und das aktuelle Verhalten überwachen kann.

5

Mit dem dargestellten Heizungssystem ist es möglich, zu jedem Zeitpunkt die verfügbare elektrische Leistung bestmöglich zu nutzen. Dies wird zum einen dadurch erreicht, daß der Regler 1 den Arbeitszyklus A der Lichtmaschine 6 sowie weitere Größen S verwendet, um den idealen Betriebspunkt des Heizelementes 4 zu be-
10 rechnen. Weiterhin ist von Bedeutung, daß die Leistungselektronik 2 eine stufenlose Einstellung der an das Heizelement 4 abgegebenen elektrischen Heizleistung L_H erlaubt, so daß der zur Verfügung stehende Rahmen maximal ausgeschöpft werden kann.

15 Figur 2 zeigt einen beispielhaften PI-Algorithmus, welcher im Regler 1 von Figur 1 zur Berechnung des Kontrollsignals $x(k)$ aus dem Zustandssignal $u(k)$ verwendet werden kann. Bei diesem Algorithmus werden dabei drei Fälle unterschieden:

1. Fall: Wenn noch Leistungsbereitschaft vorhanden ist und die abgegebene Lei-
20 stung bereits maximal ist, bleibt deren Wert unverändert, d.h.:

$$u(k) > 0 \text{ UND } x(k-1) \geq 100\% \Rightarrow x(k) = x(k-1)$$

25 2. Fall: Wenn noch Leistungsbereitschaft vorhanden ist und die abgegebene Leistung noch nicht maximal ist, wird deren neuer Wert nach einem PI Algorithmus mit einem ersten Proportionalfaktor k_p+k_{Iup} erhöht, d.h.:

$$u(k) \geq 0 \text{ UND } x(k-1) < 100\% \Rightarrow x(k) = (k_p+k_{Iup}) \cdot u(k) + K_I \cdot x(k-1)$$

3. Fall: Wenn keine Leistungsbereitschaft mehr vorhanden ist, wird die abgegebene Leistung nach einem PI Algorithmus mit einem zweiten Proportionalfaktor k_p+k_{down} vermindert, d.h.:

$$u(k) < 0 \Rightarrow x(k) = (k_p+k_{down}) \cdot u(k) + K_I \cdot x(k-1)$$

5

Durch die Verwendung zweier verschiedener Proportionalitätsfaktoren ist es möglich, auf den Fall 3 einer Überlastung der Lichtmaschine 6 sowie den Normalfall 2 einer bestehenden Leistungsreserve jeweils unterschiedlich und optimal zu reagieren.

10

Figur 3 zeigt in einem Diagramm eine weitere, in Figur 1 im Regler 1 integrierbare, von der Kabinentemperatur T abhängige Begrenzungsfunktion für das Kontrollsignal $x(k)$. Dieses wird gemäß dem Diagramm unterhalb einer gemessenen Kabinentemperatur von ca. 10°C auf den Maximalwert von 100% begrenzt, um anschließend zwischen 10°C und 20°C linear auf 0% zurückzugehen.

15

Patentansprüche

1. Elektrisches Heizsystem für ein Kraftfahrzeug, enthaltend ein Heizelement (4) zur Umwandlung der einer elektrischen Energiequelle (6) entnommenen elektrischen Leistung in Wärme sowie ein Regelungssystem (1) zur Regelung der Zufuhr elektrischer Leistung zum Heizelement, dadurch gekennzeichnet, daß
das Regelungssystem (1) ein Zustandssignal (u) erhält, welches die Leistungsbereitschaft der Energiequelle (6) anzeigt, und dass das Heizsystem dahingehend ausgebildet ist, die dem Heizelement (4) zugeführte elektrische Leistung (LH) in Abhängigkeit von dem genannten Zustandssignal einzustellen.

2. Heizsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
das Regelungssystem (1) über eine Leistungsstufe (2) mit dem Heizelement (4) gekoppelt ist, welche die kontinuierliche Einstellung der an das Heizelement abgegebenen elektrischen Leistung (LH) ermöglicht.

20

3. Heizsystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß
die elektrische Energiequelle eine Lichtmaschine (6) enthält, von deren Auslastung das Zustandssignal (u) abhängt.

25

4. Heizsystem nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß
das Regelungssystem (1) mit einer Benutzerschnittstelle (3) gekoppelt ist zur Anzeige der an das Heizelement (4) abgegebenen elektrischen Lei-

30

stung (LH) und/oder zur Eingabe von Einstellsignalen durch einen Benutzer.

- 5 5. Heizsystem nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, daß
das Regelungssystem (1) mit Signalleitungen (S) gekoppelt ist, welche die
Umgebungstemperatur, die Motortemperatur, die Kabinentemperatur, die
Luftfeuchtigkeit, die Batteriespannung, den Batterieladezustand und/oder
10 den Zustand elektrischer Verbraucher (5) betreffende Signale übermitteln
können.
6. Heizsystem nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5,
15 dadurch gekennzeichnet, daß
das Regelungssystem (1) dahingehend ausgebildet ist, das Zustandssi-
gnal (u) mit einem PI-Algorithmus zu verarbeiten.
- 20 7. Verfahren zur Regelung der Zufuhr der einer elektrischen Energiequelle (6)
entnommenen elektrischen Leistung (LH) an das Heizelement (4) eines
Kraftfahrzeuges, insbesondere unter Einsatz eines Regelungssystems (1)
nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, daß
25 die Zufuhr in Abhängigkeit von einem die Leistungsbereitschaft der Ener-
giequelle (6) anzeigenden Zustandssignal (u) geregelt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7,
30 dadurch gekennzeichnet, daß
die Zufuhr auf einen Maximalwert begrenzt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Zufuhr mit einem PI-Algorithmus berechnet wird.

5

10. Verfahren nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Proportionalfaktoren des Algorithmus je nach Vorzeichen des Zustands-
signals (u) unterschiedlich sind.

Zusammenfassung

Elektrische Heizung für Kraftfahrzeuge sowie Regelungsverfahren

Die Erfindung betrifft ein elektrisches Heizsystem für ein Kraftfahrzeug, bei dem ein PTC-Heizelement (4) über eine stufenlose Leistungselektronik (2) von einem Regler (1) kontrolliert wird. Der Regler (1) erhält ein Zustandssignal (u), welches die von der Lichtmaschine (6) verfügbare Leistung anzeigt. Hieraus wird vorzugsweise durch einen PI-Algorithmus das Kontrollsignal (x) für die Leistungselektronik (2) derart berechnet, daß die Lichtmaschine (6) maximal ausgenutzt wird, ohne eine hinreichende Versorgung anderer elektrischer Verbraucher (5) zu gefährden. Der Regler (1) kann weiterhin mit einer Benutzerschnittstelle (3) zur Anzeige und/oder Eingabe von Informationen gekoppelt sein.

(Figur 1)

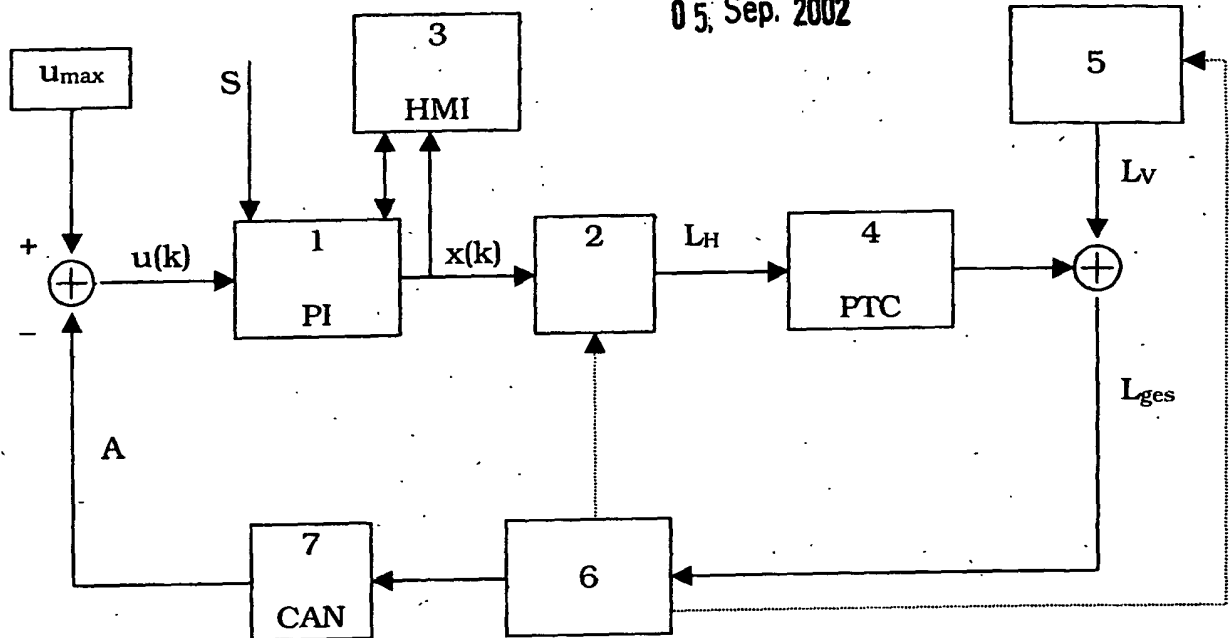


Fig. 1

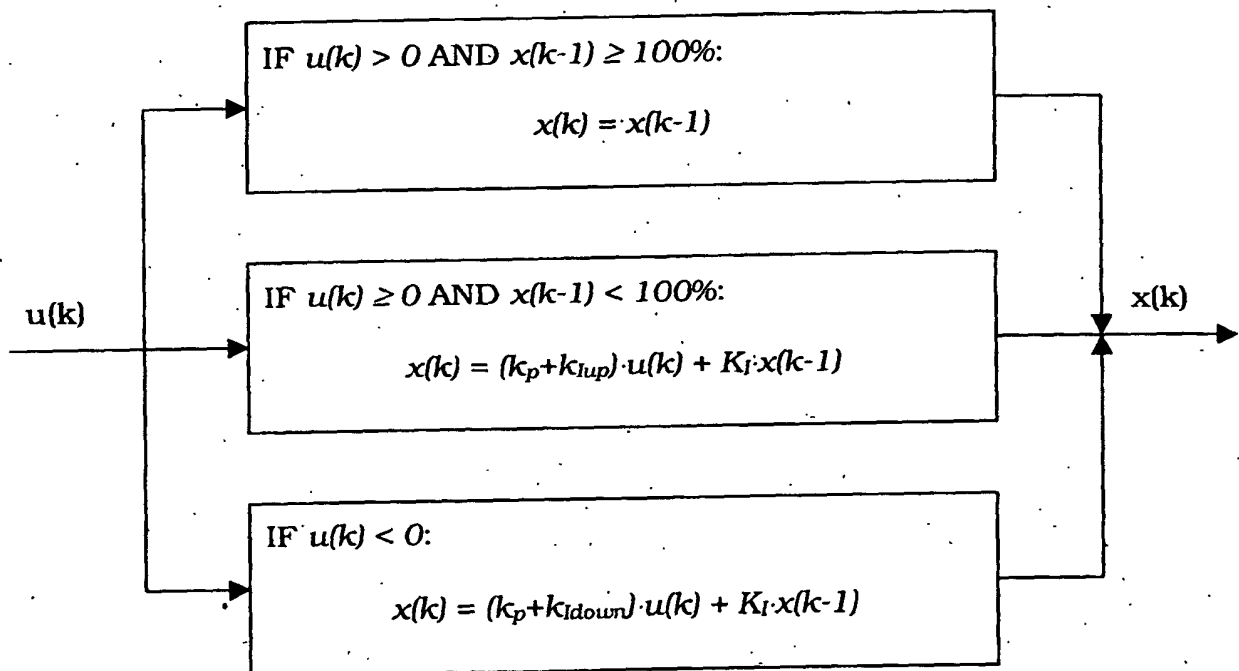


Fig. 2

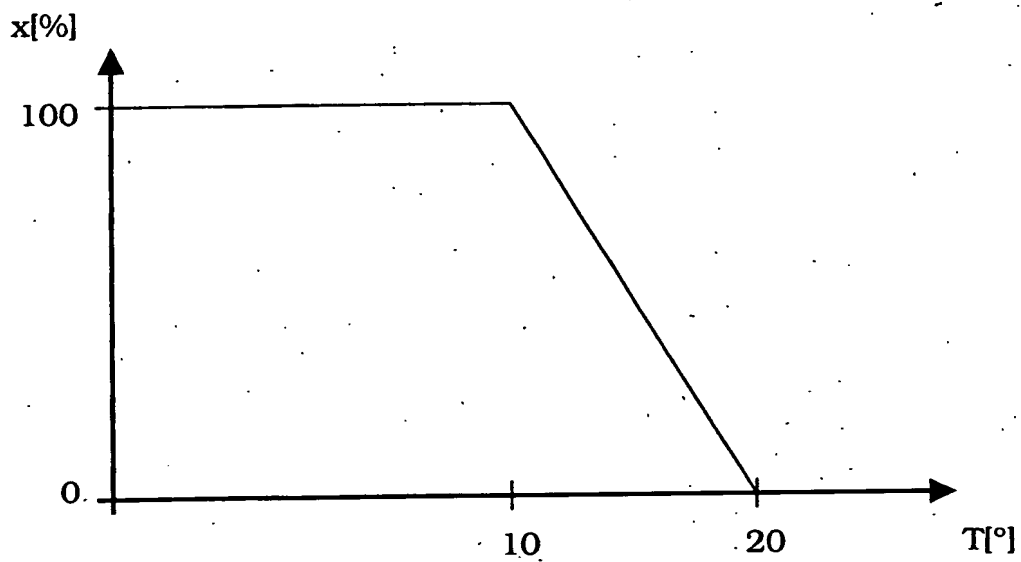


Fig. 3